

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-190678

(P2017-190678A)

(43) 公開日 平成29年10月19日(2017.10.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00 368H	3G384
	FO2D 45/00 312P	
	FO2D 45/00 366	
	FO2D 45/00 312B	
	FO2D 45/00 31OR	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 22 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2016-79167 (P2016-79167)	(71) 出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22) 出願日	平成28年4月11日 (2016.4.11)	(74) 代理人	100099759 弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100092624 弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100180194 弁理士 利根 勇基
		(74) 代理人	100153729 弁理士 森本 有一
		(74) 代理人	100123582 弁理士 三橋 真二
		(74) 代理人	100147555 弁理士 伊藤 公一
最終頁に続く			

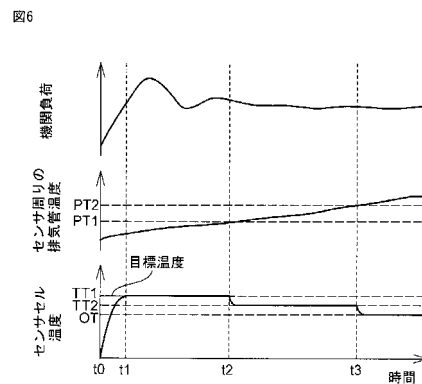
(54) 【発明の名称】 排気センサの制御装置

(57) 【要約】

【課題】ヒータの消費電力の増加を抑制しつつ、被水による排気センサの素子割れを防止することができる排気センサの制御装置を提供する。

【解決手段】排気センサ10の制御装置は、ヒータ55を制御するヒータ制御部と、排気センサ周りの排気管27の温度を推定する温度推定部とを備える。ヒータ制御部は、内燃機関の始動後、排気管の推定温度が第一排気管温度に達するまで電気化学セルの目標温度を第一目標温度に設定し、排気管の推定温度が第一排気管温度に達してから第二排気管温度に達するまで目標温度を第二目標温度に設定し、排気管の推定温度が第二排気管温度に達したときに目標温度を電気化学セルの作動温度に設定する。第一排気管温度は水の露点以上水の沸点未満の温度であり、第二排気管温度は水の沸点以上の温度であり、第一目標温度は作動温度よりも高い温度であり、第二目標温度は作動温度よりも高く且つ第一目標温度よりも低い温度である。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

内燃機関の排気通路に配置されると共に排気ガス中の特定の成分を検出する排気センサを制御する、排気センサの制御装置であって、

前記排気センサは、電気化学セルが設けられた素子本体と、該素子本体の外面上に形成されると共に多孔質セラミックから構成された保護層と、前記素子本体及び前記保護層を加熱するヒータとを備え、

当該制御装置は、前記電気化学セルの目標温度を設定すると共に前記電気化学セルの温度が前記目標温度になるように前記ヒータを制御するヒータ制御部と、前記排気センサ周りの排気管の温度を推定する温度推定部とを備え、

10

前記ヒータ制御部は、前記内燃機関の始動後、前記温度推定部によって推定された前記排気管の推定温度が第一排気管温度に達するまで前記目標温度を第一目標温度に設定し、前記排気管の推定温度が前記第一排気管温度に達してから第二排気管温度に達するまで前記目標温度を第二目標温度に設定し、前記排気管の推定温度が前記第二排気管温度に達したときに前記目標温度を前記電気化学セルの作動温度に設定し、

前記第一排気管温度は水の露点以上水の沸点未満の温度であり、前記第二排気管温度は水の沸点以上の温度であり、前記第一目標温度は前記作動温度よりも高い温度であり、前記第二目標温度は前記作動温度よりも高く且つ前記第一目標温度よりも低い温度である、排気センサの制御装置。

20

【請求項 2】

前記温度推定部は前記内燃機関の外気温を推定又は検出し、

前記ヒータ制御部は、前記内燃機関の始動時に前記温度推定部によって推定又は検出された外気温の温度が相対的に低い場合に、該外気温の温度が相対的に高い場合に比べて、前記第一目標温度を高く設定する、請求項 1 に記載の排気センサの制御装置。

【請求項 3】

前記温度推定部は、前記内燃機関が始動してからの経過時間が第一経過時間に達したときに前記排気管の推定温度が前記第一排気管温度に達したと判定し、前記経過時間が前記第一経過時間よりも長い第二経過時間に達したときに前記排気管の推定温度が前記第二排気管温度に達したと判定し、

前記温度推定部は、前記内燃機関の外気温を推定又は検出し、前記内燃機関の始動時に推定又は検出した外気温の温度が相対的に低い場合に、該外気温の温度が相対的に高い場合に比べて、前記第一経過時間及び前記第二経過時間を長く設定する、請求項 1 又は 2 に記載の排気センサの制御装置。

30

【請求項 4】

前記温度推定部は、前記内燃機関が始動してから該内燃機関の燃焼室に供給された吸入空気量の積算値が第一積算空気量に達したときに前記排気管の推定温度が前記第一排気管温度に達したと判定し、前記積算値が前記第一積算空気量よりも多い第二積算空気量に達したときに前記排気管の推定温度が前記第二排気管温度に達したと判定し、

前記温度推定部は、前記内燃機関の外気温を推定又は検出し、前記内燃機関の始動時に推定又は検出した外気温の温度が相対的に低い場合に、該外気温の温度が相対的に高い場合に比べて、前記第一積算空気量及び前記第二積算空気量を多く設定する、請求項 1 又は 2 に記載の排気センサの制御装置。

40

【請求項 5】

前記排気センサは、上流側排気センサと、該上流側排気センサの排気流れ方向下流側に位置する下流側排気センサとを含み、

前記ヒータ制御部は、前記下流側排気センサにおける前記第一目標温度及び前記第二目標温度を前記上流側排気センサにおける前記第一目標温度及び前記第二目標温度よりも高く設定する、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の排気センサの制御装置。

【請求項 6】

内燃機関の排気通路に配置されると共に排気ガス中の特定の成分を検出する排気センサ

50

を制御する、排気センサの制御装置であって、

前記排気センサは、電気化学セルが設けられた素子本体と、該素子本体の外面上に形成されると共に多孔質セラミックから構成された保護層と、前記素子本体及び前記保護層を加熱するヒータとを備え、

当該制御装置は、前記電気化学セルの目標温度を設定すると共に前記電気化学セルの温度が前記目標温度になるように前記ヒータを制御するヒータ制御部と、前記排気センサよりも排気流れ方向上流側の前記排気通路内の凝縮水の量を推定する水量推定部とを備え、

前記ヒータ制御部は、前記内燃機関の始動後、前記水量推定部によって推定された前記凝縮水の量に基づいて、前記電気化学セルの作動温度以上の温度に前記目標温度を設定する、排気センサの制御装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、排気センサの制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、排気ガス中の特定の成分を検出するために、内燃機関の排気通路に排気センサを配置することが知られている（例えば、特許文献1～3を参照）。斯かる排気センサは、電気化学セルが設けられた素子本体と、素子本体の外面上に形成されると共に多孔質セラミックから構成された保護層とを備える。排気センサは排気ガスに曝されるように排気管に固定され、排気ガスの一部は保護層を通過して素子本体内に流入する。また、排気センサは、電気化学セルが所定の作動温度以上となるように素子本体を加熱するヒータを備える。

20

【0003】

ところで、排気管の温度が水の露点温度以下である場合、排気ガス中の水蒸気が凝縮し、凝縮水が発生する。排気通路に凝縮水が存在していると、凝縮水の水滴が排気ガスと共に排気センサの保護層に衝突する。保護層が撥水性を有しない場合、保護層に衝突した水滴は保護層内に浸透する。ヒータによる加熱によって保護層の温度が高温である場合には、保護層内に浸透した水滴は保護層内で蒸発する。この結果、保護層及び素子本体に熱衝撃が加えられ、素子割れが発生する場合がある。

30

【0004】

そこで、特許文献1、2には、排気センサの素子割れを防止すべく、ライデンフロスト現象を利用して排気センサの保護層に撥水性を付与することが記載されている。ライデンフロスト現象とは、水滴が高温の保護層に衝突したときに、保護層と水滴との間に蒸気膜が形成されることで保護層と水滴との間の熱伝導が抑制される現象である。ライデンフロスト現象が発生すると、水滴が保護層からはじかれるため、保護層内に水が浸透することが抑制される。

【0005】

特許文献1に記載の発明では、内燃機関の始動の際に、ライデンフロスト現象を用いて素子割れを防止すべく、排気センサの周囲温度が露点温度に達するまで、センサ表面の温度が、作動温度よりも高い衝撃対抗温度に保持される。その後、排気センサの周囲温度が露点温度に達すると、センサ表面の温度は衝撃対抗温度から作動温度に低下せしめられる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特表2009-529691号公報

【特許文献2】特開2012-93330号公報

【特許文献3】特開2006-220026号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】**【0007】**

しかしながら、排気センサの周囲温度が露点温度に達した後も、それまでに生成された凝縮水の一部は、排気管の温度が水の沸点に達するまで排気通路内に存在しうる。このため、特許文献1に記載された制御では、センサ表面の温度が作動温度に低下した後に、被水による排気センサの素子割れが発生するおそれがある。一方、ライデンフロスト現象によって排気センサの素子割れを確実に防止すべく、内燃機関の始動後に長期間に亘ってセンサ素子を高温に維持することは、ヒータの消費電力を著しく増加させる。

【0008】

そこで、本発明の目的は、ヒータの消費電力の増加を抑制しつつ、被水による排気センサの素子割れを防止することができる排気センサの制御装置を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】**【0009】**

上記課題を解決するために、第1の発明では、内燃機関の排気通路に配置されると共に排気ガス中の特定の成分を検出する排気センサを制御する、排気センサの制御装置であって、前記排気センサは、電気化学セルが設けられた素子本体と、該素子本体の外面上に形成されると共に多孔質セラミックから構成された保護層と、前記素子本体及び前記保護層を加熱するヒータとを備え、当該制御装置は、前記電気化学セルの目標温度を設定すると共に前記電気化学セルの温度が前記目標温度になるように前記ヒータを制御するヒータ制御部と、前記排気センサ周りの排気管の温度を推定する温度推定部とを備え、前記ヒータ制御部は、前記内燃機関の始動後、前記温度推定部によって推定された前記排気管の推定温度が第一排気管温度に達するまで前記目標温度を第一目標温度に設定し、前記排気管の推定温度が前記第一排気管温度に達してから第二排気管温度に達するまで前記目標温度を第二目標温度に設定し、前記排気管の推定温度が前記第二排気管温度に達したときに前記目標温度を前記電気化学セルの作動温度に設定し、前記第一排気管温度は水の露点以上水の沸点未満の温度であり、前記第二排気管温度は水の沸点以上の温度であり、前記第一目標温度は前記作動温度よりも高い温度であり、前記第二目標温度は前記作動温度よりも高く且つ前記第一目標温度よりも低い温度である、排気センサの制御装置が提供される。

20

【0010】

第2の発明では、第1の発明において、前記温度推定部は前記内燃機関の外気温を推定又は検出し、前記ヒータ制御部は、前記内燃機関の始動時に前記温度推定部によって推定又は検出された外気温の温度が相対的に低い場合に、該外気温の温度が相対的に高い場合に比べて、前記第一目標温度を高く設定する。

30

【0011】

第3の発明では、第1又は第2の発明において、前記温度推定部は、前記内燃機関が始動してからの経過時間が第一経過時間に達したときに前記排気管の推定温度が前記第一排気管温度に達したと判定し、前記経過時間が前記第一経過時間よりも長い第二経過時間に達したときに前記排気管の推定温度が前記第二排気管温度に達したと判定し、前記温度推定部は、前記内燃機関の外気温を推定又は検出し、前記内燃機関の始動時に推定又は検出した外気温の温度が相対的に低い場合に、該外気温の温度が相対的に高い場合に比べて、前記第一経過時間及び前記第二経過時間を長く設定する。

40

【0012】

第4の発明では、第1又は第2の発明において、前記温度推定部は、前記内燃機関が始動してから該内燃機関の燃焼室に供給された吸入空気量の積算値が第一積算空気量に達したときに前記排気管の推定温度が前記第一排気管温度に達したと判定し、前記積算値が前記第一積算空気量よりも多い第二積算空気量に達したときに前記排気管の推定温度が前記第二排気管温度に達したと判定し、前記温度推定部は、前記内燃機関の外気温を推定又は検出し、前記内燃機関の始動時に推定又は検出した外気温の温度が相対的に低い場合に、該外気温の温度が相対的に高い場合に比べて、前記第一積算空気量及び前記第二積算空気量を多く設定する。

50

【0013】

第5の発明では、第1から第4のいずれか1つの発明において、前記排気センサは、上流側排気センサと、該上流側排気センサの排気流れ方向下流側に位置する下流側排気センサとを含み、前記ヒータ制御部は、前記下流側排気センサにおける前記第一目標温度及び前記第二目標温度を前記上流側排気センサにおける前記第一目標温度及び前記第二目標温度よりも高く設定する。

【0014】

上記課題を解決するために、第6の発明では、内燃機関の排気通路に配置されると共に排気ガス中の特定の成分を検出する排気センサを制御する、排気センサの制御装置であって、前記排気センサは、電気化学セルが設けられた素子本体と、該素子本体の外面上に形成されると共に多孔質セラミックから構成された保護層と、前記素子本体及び前記保護層を加熱するヒータとを備え、当該制御装置は、前記電気化学セルの目標温度を設定すると共に前記電気化学セルの温度が前記目標温度になるように前記ヒータを制御するヒータ制御部と、前記排気センサよりも排気流れ方向上流側の前記排気通路内の凝縮水の量を推定する水量推定部とを備え、前記ヒータ制御部は、前記内燃機関の始動後、前記水量推定部によって推定された前記凝縮水の量に基づいて、前記電気化学セルの作動温度以上の温度に前記目標温度を設定する、排気センサの制御装置が提供される。

10

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、ヒータの消費電力の増加を抑制しつつ、被水による排気センサの素子割れを防止することができる排気センサの制御装置が提供される。

20

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】図1は、本発明の第一実施形態に係る排気センサの制御装置が用いられる内燃機関を概略的に示す図である。

【図2】図2は、空燃比センサの拡大図である。

【図3】図3は、図2のA-A線に沿った空燃比センサのセンサ素子の断面図である。

【図4】図4は、保護層に衝突する水滴の量と保護層の温度とを変化させたときのライデンプロスト現象の発生の有無を示すグラフである。

【図5】図5は、経過時間及び積算空気量と排気管の温度との関係を示すマップである。

30

【図6】図6は、内燃機関を始動させるときの機関負荷等の概略的なタイムチャートである。

【図7】図7は、本発明の第一実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図8】図8は、本発明の第三実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図9】図9は、本発明の第四実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図10】図10は、本発明の第五実施形態に係る排気センサの制御装置が用いられる内燃機関を概略的に示す図である。

40

【図11】図11は、内燃機関を始動させるときの機関負荷等の概略的なタイムチャートである。

【図12】図12は、本発明の第六実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、以下の説明では、同様な構成要素には同一の参照番号を付す。

【0018】

< 第一実施形態 >

50

最初に図 1 ~ 図 7 を参照して、本発明の第一実施形態について説明する。

【 0 0 1 9 】

< 内燃機関全体の説明 >

図 1 は、本発明の第一実施形態に係る排気センサの制御装置が用いられる内燃機関 1 を概略的に示す図である。図 1 に示される内燃機関 1 は、圧縮自着火式内燃機関（ディーゼルエンジン）である。内燃機関 1 は例えば車両に搭載される。

【 0 0 2 0 】

図 1 を参照すると、内燃機関 1 は、機関本体 1 0 0 と、各気筒の燃焼室 2 と、燃焼室 2 内に燃料を噴射する電子制御式燃料噴射弁 3 と、吸気マニホールド 4 と、排気マニホールド 5 とを備える。吸気マニホールド 4 は吸気管 6 を介してターボチャージャ（過給機）7 のコンプレッサ 7 a の出口に連結される。コンプレッサ 7 a の入口は吸気管 6 を介してエアクリーナ 8 に連結される。吸気管 6 内にはステップモータにより駆動されるスロットル弁 9 が配置される。さらに、吸気管 6 周りには吸気管 6 内を流れる吸入空気を冷却するための冷却装置 1 3 が配置される。図 1 に示した内燃機関 1 では機関冷却水が冷却装置 1 3 内に導かれ、機関冷却水によって吸入空気が冷却される。吸気マニホールド 4 及び吸気管 6 は、空気を燃焼室 2 に導く吸気通路を形成する。

【 0 0 2 1 】

一方、排気マニホールド 5 は排気管 2 7 を介してターボチャージャ 7 のタービン 7 b の入口に連結される。タービン 7 b の出口は、排気管 2 7 を介して、排気浄化触媒 2 8 を内蔵したケーシング 2 9 に連結される。排気マニホールド 5 及び排気管 2 7 は、燃焼室 2 における混合気の燃焼によって生じた排気ガスを排出する排気通路を形成する。排気浄化触媒 2 8 は、例えば、排気ガス中の NO_x を還元浄化する選択還元型 NO_x 低減触媒（SCR 触媒）又は NO_x 吸蔵還元触媒である。また、排気通路には、排気ガス中の粒子状物質（PM）を低減するために、酸化触媒、ディーゼルパティキュレートフィルタ（DPF）等が配置されてもよい。

【 0 0 2 2 】

排気マニホールド 5 と吸気マニホールド 4 とは排気ガス再循環（以下、「EGR」という）通路 1 4 を介して互いに連結される。EGR 通路 1 4 内には電子制御式 EGR 制御弁 1 5 が配置される。また、EGR 通路 1 4 周りには EGR 通路 1 4 内を流れる EGR ガスを冷却するための EGR 冷却装置 2 0 が配置される。図 1 に示した実施形態では機関冷却水が EGR 冷却装置 2 0 内に導かれ、機関冷却水によって EGR ガスが冷却される。

【 0 0 2 3 】

燃料は電子制御式の吐出量可変な燃料ポンプ 1 9 によって燃料タンク 3 3 から燃料配管 3 4 を介してコモンレール 1 8 内に供給される。コモンレール 1 8 内に供給された燃料は各燃料供給管 1 7 を介して各燃料噴射弁 3 に供給される。

【 0 0 2 4 】

内燃機関 1 の各種制御は電子制御ユニット（ECU）8 0 によって実行される。ECU 8 0 はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス 8 1 によって互いに接続された ROM（リードオンリメモリ）8 2、RAM（ランダムアクセスメモリ）8 3、CPU（マイクロプロセッサ）8 4、入力ポート 8 5 及び出力ポート 8 6 を備える。負荷センサ 1 0 1、エアフロメータ 1 0 2、外気温センサ 1 0 3 及び水温センサ 1 0 4 の出力が、対応する AD 変換器 8 7 を介して入力ポート 8 5 に入力される。一方、出力ポート 8 6 は、対応する駆動回路 8 8 を介して、燃料噴射弁 3、スロットル弁駆動用ステップモータ、EGR 制御弁 1 5 及び燃料ポンプ 1 9 に接続されている。

【 0 0 2 5 】

負荷センサ 1 0 1 は、アクセルペダル 1 2 0 の踏込み量に比例した出力電圧を発生させる。したがって、負荷センサ 1 0 1 は機関負荷を検出する。エアフロメータ 1 0 2 は、吸気通路においてエアクリーナ 8 とコンプレッサ 7 a との間に配置され、吸気管 6 内を流れる空気流量を検出する。外気温センサ 1 0 3 は、例えば、内燃機関 1 が搭載される車両に配置され、内燃機関 1 の外気温を検出する。水温センサ 1 0 4 は、内燃機関 1 の冷却水路

10

20

30

40

50

に配置され、内燃機関 1 の冷却水の水温を検出する。さらに、入力ポート 85 には、クランクシャフトが例えば 15° 回転する毎に出力パルスを発生するクランク角センサ 108 が接続され、クランク角センサ 108 によって機関回転数が検出される。

【0026】

なお、内燃機関 1 は、燃焼室に点火プラグが配置された火花点火式内燃機関であってもよい。また、気筒配列、吸排気系の構成及び過給機の有無のような内燃機関 1 の具体的な構成は、図 1 に示した構成と異なってもよい。

【0027】

<空燃比センサの説明>

本実施形態では、排気センサの制御装置によって制御される排気センサとして、内燃機関 1 の排気通路に空燃比センサ 10 が配置されている。空燃比センサ 10 は、内燃機関 1 の排気通路を流れる排気ガス中の特定の成分を検出する。具体的には、空燃比センサ 10 は、排気ガス中の酸素濃度を検出することで、排気ガスの空燃比をリニアに検出する。

10

【0028】

本実施形態では、空燃比センサ 10 は排気通路において排気浄化触媒 28 の排気流れ方向上流側に配置されている。なお、空燃比センサ 10 は、排気通路の他の位置、例えば排気浄化触媒 28 の排気流れ方向下流側に配置されてもよい。

【0029】

以下、図 2 及び図 3 を参照して、空燃比センサ 10 の構成について説明する。図 2 は、空燃比センサ 10 の拡大図である。図 2 では、空燃比センサ 10 の先端側が断面図で示されている。空燃比センサ 10 は、先端部 11 が排気管 27 に挿入された状態で排気管 27 に固定される。空燃比センサ 10 は、その内部に、板状の形状を有するセンサ素子 12 を備えている。

20

【0030】

図 3 は、図 2 の A - A 線に沿った空燃比センサ 10 のセンサ素子 12 の断面図である。図 3 に示されるように、空燃比センサ 10 のセンサ素子 12 は、センサセル 51 が設けられた素子本体 50 と、素子本体 50 の外面上に形成された保護層 60 とを備える。

【0031】

素子本体 50 は被測ガス室 30 及び基準ガス室 31 を備えている。空燃比センサ 10 が内燃機関 1 の排気通路に配置されたとき、被測ガス室 30 には、排気通路を流れる排気ガスが被測ガスとして導入される。基準ガス室 31 には基準ガスが導入される。基準ガスは例えば大気である。この場合、基準ガス室 31 は大気に開放されている。

30

【0032】

空燃比センサ 10 は、複数の層を積層して構成された積層型空燃比センサである。素子本体 50 は、固体電解質層 40、拡散律速層 16、第一不透過層 21、第二不透過層 22 及び第三不透過層 23 を備える。固体電解質層 40 は、酸化物イオン伝導性を有する薄板体である。固体電解質層 40 は、例えば、 ZrO_2 (ジルコニア)、 HfO_2 、 ThO_2 、 Bi_2O_3 等に CaO 、 MgO 、 Y_2O_3 、 Yb_2O_3 等を安定剤として添加した焼結体である。拡散律速層 16 は、ガス透過性を有する薄板体である。拡散律速層 16 は、例えば、アルミナ、マグネシア、けい石質、スピネル、ムライト等の多孔質セラミックから構成されている。不透過層 21 ~ 23 は、ガス不透過性の薄板体であり、例えばアルミナを含む。

40

【0033】

素子本体 50 の各層は、図 3 の下方から、第一不透過層 21、第二不透過層 22、固体電解質層 40、拡散律速層 16、第三不透過層 23 の順に積層されている。被測ガス室 30 は、固体電解質層 40、拡散律速層 16 及び第三不透過層 23 によって区画形成されている。排気ガスは保護層 60 及び拡散律速層 16 を通って被測ガス室 30 内に導入される。拡散律速層 16 は被測ガスの拡散律速を行う。なお、被測ガス室 30 は、固体電解質層 40 に隣接し且つ被測ガスが導入されるように構成されていれば、如何なる態様で構成されてもよい。

【0034】

50

基準ガス室 31 は固体電解質層 40 及び第二不透層 22 によって区画形成されている。なお、基準ガス室 31 は、固体電解質層 40 に隣接し且つ基準ガスが流入するように構成されていれば、如何なる態様で構成されてもよい。

【0035】

センサセル 51 は、固体電解質層 40、第一電極 41 及び第二電極 42 を有する電気化学セルである。第一電極 41 は、被測ガス室 30 内の被測ガスに曝されるように固体電解質層 40 の被測ガス室 30 側の表面上に配置されている。一方、第二電極 42 は、基準ガス室 31 内の基準ガスに曝されるように固体電解質層 40 の基準ガス室 31 側の表面上に配置されている。第一電極 41 と第二電極 42 とは、固体電解質層 40 を挟んで互いに対向するように配置されている。第一電極 41 及び第二電極 42 は、白金 (Pt) 等の触媒活性の高い貴金属から構成されている。例えば、第一電極 41 及び第二電極 42 は、Pt を主成分として含む多孔質サーメット電極である。

10

【0036】

保護層 60 は、素子本体 50 の外面全体を覆うように、素子本体 50 の外面上に形成されている。保護層 60 は、ガス透過性を有し、アルミナ、チタニア、ジルコニア、炭化ケイ素、窒化ケイ素、酸化亜鉛等の多孔質セラミックから構成されている。

【0037】

センサ素子 12 はヒータ 55 を更に備える。本実施形態では、ヒータ 55 は、図 3 に示されるように、第一不透層 21 と第二不透層 22 との間に配置される。ヒータ 55 は、例えば、白金 (Pt) とセラミック (例えば、アルミナ等) とを含むサーメットの薄板体であり、通電によって発熱する発熱体である。ヒータ 55 は素子本体 50 及び保護層 60 を加熱する。

20

【0038】

センサセル 51 の第一電極 41 及び第二電極 42 には、電気回路 70 が接続されている。電気回路 70 は電源 71 及び電流検出器 72 を備える。電源 71 は、第二電極 42 の電位が第一電極 41 の電位よりも高くなるように電極間に電圧を印加する。ECU 80 の出力ポート 86 は、対応する駆動回路 88 を介して電源 71 に接続されている。したがって、ECU 80 は、電源 71 を制御して、センサセル 51 に印加される電圧を制御することができる。また、電流検出器 72 は、センサセル 51 に流れる電流をセンサセル 51 の出力として検出する。電流検出器 72 の出力は、対応する AD 変換器 87 を介して ECU 80 の入力ポート 85 に入力される。したがって、ECU 80 は、電流検出器 72 によって検出されたセンサセル 51 の出力を電流検出器 72 から取得することができる。

30

【0039】

空燃比センサ 10 は、センサセル 51 に所定の電圧を印加したときにセンサセル 51 に流れる限界電流を検出することによって排気ガスの空燃比を検出する。したがって、本実施形態における空燃比センサ 10 は、いわゆる限界電流式空燃比センサである。

【0040】

<ライデンフロスト現象>

ところで、排気管 27 の温度が水の露点温度以下である場合、排気ガス中の水蒸気が凝縮し、凝縮水が発生する。排気通路に凝縮水が存在していると、凝縮水の水滴が排気ガスと共に空燃比センサ 10 の保護層 60 に衝突する。保護層 60 が撥水性を有しない場合、保護層 60 に衝突した水滴は保護層 60 内に浸透する。ヒータ 55 による加熱によって保護層 60 の温度が高温である場合には、保護層 60 内に浸透した水滴は保護層 60 内で蒸発する。この結果、保護層 60 及び素子本体 50 に熱衝撃が加えられ、センサ素子 12 の素子割れが発生する場合がある。

40

【0041】

保護層 60 は、その温度が高温であるときに撥水性を有する。この特性は、ライデンフロスト現象を発生させることによって得られる。ライデンフロスト現象とは、水滴が高温の保護層に衝突したときに、保護層と水滴との間に蒸気膜が形成されることで保護層と水滴との間の熱伝導が抑制される現象である。ライデンフロスト現象が発生すると、水滴が

50

保護層 60 からはじかれるため、保護層 60 内に水が浸透することが抑制される。

【0042】

ライデンフロスト現象が発生する温度は、一般的には、物体に衝突する液体の種類によって決定されると言われている。しかしながら、本願の発明者は、空燃比センサ 10 の保護層 60 のように熱容量が小さい物体では、ライデンフロスト現象が発生する温度が液体の量に応じて変化することを新たに見出した。

【0043】

図 4 は、保護層 60 に衝突する水滴の量と保護層 60 の温度とを変化させたときのライデンフロスト現象の発生の有無を示すグラフである。図中のバツ印は、ライデンフロスト現象が発生しなかったことを示す。一方、図中の丸印は、ライデンフロスト現象が発生したことを示す。図 4 から分かるように、ライデンフロスト現象が発生する温度は水滴量に応じて変化している。具体的には、ライデンフロスト現象が発生する温度は、水滴量が多いほど高くなる。この理由は、熱容量が小さい保護層 60 では、蒸気膜の形成時に保護層 60 の温度が低下し、保護層 60 の温度の低下量が水滴量に比例するからであると考えられている。

10

【0044】

< 排気センサの制御装置の説明 >

本実施形態に係る排気センサの制御装置は、排気センサ（本実施形態では、空燃比センサ 10）の素子割れを防止すべく、上述した新たな知見に基づいて、内燃機関 1 の始動の際に以下の制御を実行する。

20

【0045】

本実施形態に係る排気センサの制御装置はヒータ制御部及び温度推定部を備える。ヒータ制御部は、センサセル 51 の目標温度を設定し、センサセル 51 の温度が目標温度になるようにヒータ 55 を制御する。例えば、ヒータ制御部は、センサセル 51 の温度をセンサセル 51 のインピーダンスに基づいて算出し、算出された温度が目標温度になるように、ヒータ 55 への印加電圧をフィードバック制御する。ヒータ 55 によってセンサセル 51 が加熱される時、保護層 60 も同様にヒータ 55 によって加熱される。このため、保護層 60 の温度はセンサセル 51 の温度と相関する。したがって、上述したフィードバック制御によって、センサセル 51 の温度だけでなく保護層 60 の温度も制御することができる。本実施形態では、ECU 80 の一部がヒータ制御部として機能する。

30

【0046】

温度推定部は、空燃比センサ 10 周りの排気管 27 の温度（以下、単に「排気管 27 の温度」という）を推定する。例えば、温度推定部は、排気通路において空燃比センサ 10 の近傍に配置された排気温度センサ 105 の出力から排気管 27 の温度を推定する。本実施形態では、図 1 に示されるように、排気温度センサ 105 は、排気通路においてタービン 7b と排気浄化触媒 28 との間に配置され、排気管 27 の温度を検出する。排気温度センサ 105 の出力は、対応する AD 変換器 87 を介して ECU 80 の入力ポート 85 に入力される。

【0047】

なお、温度推定部は、排気温度センサ 105 を用いることなく、排気管 27 の温度を推定してもよい。この場合、内燃機関 1 において、空燃比センサ 10 の近傍に排気温度センサ 105 を設けなくてもよい。例えば、温度推定部は、内燃機関 1 が始動してからの経過時間に基づいて排気管 27 の温度を推定してもよい。この場合、内燃機関 1 が始動してからの経過時間が長いほど、温度推定部によって推定される排気管 27 の温度が高くなる。また、温度推定部は、内燃機関 1 が始動してから燃焼室 2 に供給された吸入空気量の積算値（以下、「積算空気量」という）に基づいて排気管 27 の温度を推定してもよい。積算空気量は例えばエアフロメータ 102 の出力に基づいて算出される。この場合、積算空気量が多いほど、温度推定部によって推定される排気管 27 の温度が高くなる。また、温度推定部は、内燃機関 1 が始動してからの経過時間及び積算空気量に基づいて排気管 27 の温度を推定してもよい。この場合、温度推定部は、例えば、図 5 に示したようなマッ

40

50

ブを用いて排気管 27 の温度を推定する。このマップでは、排気管 27 の温度 P T が経過時間 E T 及び積算空気量 M c の関数として示される。本実施形態では、E C U 8 0 の一部が温度推定部として機能する。

【 0 0 4 8 】

ヒータ制御部は、内燃機関 1 の始動後、保護層 6 0 の表面においてライデンフロスト現象が発生するように、温度推定部によって推定された排気管 27 の推定温度が第一排気管温度に達するまでセンサセル 5 1 の目標温度を第一目標温度に設定する。第一排気管温度は水の露点以上水の沸点未満の温度である。水の露点は大気圧 (1 気圧) において 5 4 であり、水の沸点は大気圧 (1 気圧) において 1 0 0 である。また、第一目標温度はセンサセル 5 1 の作動温度よりも高い温度である。センサセル 5 1 の作動温度は、センサセル 5 1 の活性温度以上であり、例えば 6 0 0 ~ 6 5 0 である。

10

【 0 0 4 9 】

ヒータ制御部は、保護層 6 0 の表面においてライデンフロスト現象が発生するように、排気管 27 の推定温度が第一排気管温度に達してから第二排気管温度に達するまでセンサセル 5 1 の目標温度を第二目標温度に設定する。また、ヒータ制御部は、排気管 27 の推定温度が第二排気管温度に達したときにセンサセル 5 1 の目標温度をセンサセル 5 1 の作動温度に設定する。第二排気管温度は水の沸点以上の温度である。また、第二目標温度はセンサセル 5 1 の作動温度よりも高く且つ第一目標温度よりも低い温度である。

【 0 0 5 0 】

< タイムチャートを用いた制御の説明 >

20

以下、図 6 のタイムチャートを参照して、内燃機関 1 を始動させるときの制御について具体的に説明する。図 6 は、内燃機関 1 を始動させるときの、機関負荷、排気管 27 の温度及びセンサセル 5 1 の温度の概略的なタイムチャートである。センサセル 5 1 の温度のグラフでは、センサセル 5 1 の目標温度が細線で示される。図示した例では、排気管 27 の温度は排気温度センサ 1 0 5 の出力から算出されている。また、センサセル 5 1 の温度はセンサセル 5 1 のインピーダンスに基づいて算出されている。

【 0 0 5 1 】

図示した例では、時刻 t 0 において内燃機関 1 が始動される。内燃機関 1 が始動されると、センサセル 5 1 の目標温度が第一目標温度 T T 1 に設定される。この結果、時刻 t 0 の後、ヒータ 5 5 による加熱によってセンサセル 5 1 の温度は第一目標温度 T T 1 に向かって上昇する。第一目標温度 T T 1 は例えば 7 5 0 以上の温度である。時刻 t 1 において、センサセル 5 1 の温度が第一目標温度 T T 1 に達する。時刻 t 1 の後、センサセル 5 1 の温度は第一目標温度 T T 1 に維持される。

30

【 0 0 5 2 】

時刻 t 2 において、排気管 27 の温度が第一排気管温度 P T 1 に達する。第一排気管温度 P T 1 は例えば水の露点 (5 4) である。時刻 t 2 において、センサセル 5 1 の目標温度が第一目標温度 T T 1 から第二目標温度 T T 2 に切り替えられる。この結果、時刻 t 2 の後、センサセル 5 1 の温度が第二目標温度 T T 2 に向かって低下する。第二目標温度 T T 2 は、第一目標温度 T T 1 よりも低い温度であり、例えば 6 5 0 ~ 7 0 0 の温度である。センサセル 5 1 の温度は、第二目標温度 T T 2 に達した後、第二目標温度 T T 2 に維持される。

40

【 0 0 5 3 】

時刻 t 3 において、排気管 27 の温度が第二排気管温度 P T 2 に達する。第二排気管温度 P T 2 は例えば水の沸点 (1 0 0) である。時刻 t 3 において、センサセル 5 1 の目標温度が第二目標温度 T T 2 からセンサセル 5 1 の作動温度 O T に切り替えられる。この結果、時刻 t 3 の後、センサセル 5 1 の温度が作動温度 O T に向かって低下する。作動温度 O T は、第二目標温度よりも低い温度であり、例えば 6 0 0 ~ 6 5 0 の温度である。センサセル 5 1 の温度は、作動温度 O T に達した後、作動温度 O T に維持される。

【 0 0 5 4 】

排気管 27 の温度が水の露点以上になると、排気管 27 内において排気ガスから新たな

50

凝縮水は生成されない。しかしながら、排気管 27 の温度が水の露点に達した後も、それまでに生成された凝縮水の一部は、排気管 27 の温度が水の沸点に達するまで排気管 27 内に存在しうる。このため、排気管 27 の温度が水の露点に達する時刻 t_2 において、センサセル 51 の目標温度を作動温度 OT に設定すると、被水によって空燃比センサ 10 の素子割れが発生するおそれがある。一方、空燃比センサ 10 の素子割れを確実に防止すべく、時刻 t_2 以降もセンサセル 51 の目標温度を第一目標温度 TT_1 に維持すると、ヒータ 55 の消費電力が著しく増加し、内燃機関 1 の燃費を悪化させる。

【0055】

排気管 27 の温度が水の露点以上になると、排気管 27 内の凝縮水の一部は気化する。また、排気管 27 内の凝縮水は排気ガスによって排気流れ方向下流側に流される。このため、図示した例では、排気管 27 の温度が水の露点に達する時刻 t_2 以降、空燃比センサ 10 の保護層 60 に衝突する水の量が減少する。この結果、図 4 から分かるように、保護層 60 においてライデンフロスト現象が発生する温度は低下する。このため、時刻 t_2 において、センサ素子 12 の撥水性を保持しつつ、センサセル 51 の目標温度を第一目標温度 TT_1 から第二目標温度 TT_2 に低下させることができる。このことによって、本実施形態では、ヒータ 55 の消費電力の増加を抑制しつつ、被水による空燃比センサ 10 の素子割れを防止することができる。

【0056】

< 目標温度設定処理 >

以下、図 7 のフローチャートを参照して、センサセル 51 の目標温度を設定するための制御について説明する。図 7 は、本発明の第一実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンは、内燃機関 1 の始動後、ECU 80 によって所定の時間間隔で繰り返し実行される。

【0057】

最初に、ステップ S_{101} において、温度推定部が、排気管 27 の温度 PT が第一排気管温度 PT_1 よりも低いかなかを判定する。排気管 27 の温度 PT は、上述したいずれかの方法を用いて温度推定部によって推定される。第一排気管温度 PT_1 は、水の露点以上水の沸点未満の温度であり、例えば水の露点である。

【0058】

ステップ S_{101} において排気管 27 の温度 PT が第一排気管温度 PT_1 よりも低いと判定された場合、本制御ルーチンはステップ S_{102} に進む。ステップ S_{102} では、ヒータ制御部がセンサセル 51 の目標温度 TT を第一目標温度 TT_1 に設定する。第一目標温度 TT_1 は、センサセル 51 の作動温度 OT よりも高い温度であり、例えば 750 以上の温度である。ステップ S_{102} の後、本制御ルーチンは終了する。

【0059】

一方、ステップ S_{101} において排気管 27 の温度 PT が第一排気管温度 PT_1 以上であると判定された場合、本制御ルーチンはステップ S_{103} に進む。ステップ S_{103} では、温度推定部が、排気管 27 の温度 PT が第二排気管温度 PT_2 よりも低いかなかを判定する。第二排気管温度 PT_2 は、水の沸点以上の温度であり、例えば水の沸点である。

【0060】

ステップ S_{103} において排気管 27 の温度 PT が第二排気管温度 PT_2 よりも低いと判定された場合、本制御ルーチンはステップ S_{104} に進む。ステップ S_{104} では、ヒータ制御部が目標温度 TT を第二目標温度 TT_2 に設定する。第二目標温度 TT_2 は、センサセル 51 の作動温度 OT よりも高く且つ第一目標温度 TT_1 よりも低い温度であり、例えば $650 \sim 700$ の温度である。ステップ S_{104} の後、本制御ルーチンは終了する。

【0061】

一方、ステップ S_{103} において排気管 27 の温度 PT が第二排気管温度 PT_2 以上であると判定された場合、本制御ルーチンはステップ S_{105} に進む。ステップ S_{105} では、ヒータ制御部が目標温度 TT を作動温度 OT に設定する。作動温度 OT は、センサセ

10

20

30

40

50

ル 5 1 の活性温度以上の温度であり、例えば 6 0 0 ~ 6 5 0 の温度である。ステップ S 1 0 5 の後、本制御ルーチンは終了する。

【 0 0 6 2 】

< 第二実施形態 >

第二実施形態に係る排気センサの制御装置の構成及び制御は、以下に説明する点を除いて、基本的に第一実施形態に係る排気センサの制御装置の構成及び制御と同様である。このため、以下、本発明の第二実施形態について、第一実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【 0 0 6 3 】

第二実施形態では、温度推定部は、排気管 2 7 の温度に加えて、内燃機関 1 の外気温を推定又は検出する。例えば、温度推定部は水温センサ 1 0 4 の出力から外気温を推定し又は外気温センサ 1 0 3 によって外気温を検出する。

【 0 0 6 4 】

ヒータ制御部は、内燃機関 1 の始動時に温度推定部によって推定又は検出された外気温（以下、「始動時外気温」という）が相対的に低い場合に、始動時外気温が相対的に高い場合に比べて、第一目標温度を高く設定する。言い換えれば、ヒータ制御部は、始動時外気温が高くなるにつれて第一目標温度を段階的に（ステップ状に）又はリニアに高くする。

【 0 0 6 5 】

このため、第二実施形態では、図 7 のステップ S 1 0 2 において、ヒータ制御部は、温度推定部から始動時外気温を取得し、始動時外気温に基づいてセンサセル 5 1 の目標温度 T T を設定する。具体的には、ヒータ制御部は、始動時外気温が相対的に低い場合に、始動時外気温が相対的に高い場合に比べて、第一目標温度 T T 1 を高く設定する。なお、この場合も、第一目標温度 T T 1 は第二目標温度 T T 2 及びセンサセル 5 1 の作動温度 O T よりも高い温度に設定される。

【 0 0 6 6 】

始動時外気温が低い場合には、内燃機関 1 の始動直後に生成される凝縮水の量が多くなり、センサ素子 1 2 が被水する水の量も多くなることが予想される。これに対して、第二実施形態では、始動時外気温が相対的に低い場合には、センサセル 5 1 の目標温度を相対的に高くすることで、被水による空燃比センサ 1 0 の素子割れを確実に防止することができる。一方、始動時外気温が高い場合には、内燃機関 1 の始動直後に生成される凝縮水の量が少なくなり、センサ素子 1 2 が被水する水の量も少なくなることが予想される。これに対して、第二実施形態では、始動時外気温が相対的に高い場合には、センサセル 5 1 の目標温度を相対的に低くすることで、被水による空燃比センサ 1 0 の素子割れを防止しつつ、ヒータ 5 5 の消費電力の増加を抑制することができる。

【 0 0 6 7 】

< 第三実施形態 >

第三実施形態に係る排気センサの制御装置の構成及び制御は、以下に説明する点を除いて、基本的に第一実施形態に係る排気センサの制御装置の構成及び制御と同様である。このため、以下、本発明の第三実施形態について、第一実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【 0 0 6 8 】

第三実施形態では、温度推定部は、内燃機関 1 が始動してからの経過時間が第一経過時間に達したときに排気管 2 7 の推定温度が第一排気管温度に達したと推定し、内燃機関 1 が始動してからの経過時間が第二経過時間に達したときに排気管 2 7 の推定温度が第二排気管温度に達したと推定する。第二経過時間は第一経過時間よりも長い。温度推定部は、第二実施形態と同様に、排気管 2 7 の温度に加えて、内燃機関 1 の外気温を推定又は検出する。温度推定部は、始動時外気温が相対的に低い場合に、始動時外気温が相対的に高い場合に比べて、第一経過時間及び第二経過時間を長く設定する。このことによって、排気管 2 7 の温度を精度良く推定することができ、ひいては、センサセル 5 1 の目標温度を適

10

20

30

40

50

切に設定することができる。

【 0 0 6 9 】

< 目標温度設定処理 >

図 8 は、本発明の第三実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンは、内燃機関 1 の始動後、ECU 80 によって所定の時間間隔で繰り返し実行される。

【 0 0 7 0 】

最初に、ステップ S 2 0 1 において、温度推定部が始動時外気温に基づいて第一経過時間 E T 1 及び第二経過時間 E T 2 を設定する。具体的には、温度推定部は、始動時外気温が相対的に低い場合に、始動時外気温が相対的に高い場合に比べて、第一経過時間 E T 1 及び第二経過時間 E T 2 を長く設定する。例えば、温度推定部は、始動時外気温が低いほど、第一経過時間 E T 1 及び第二経過時間 E T 2 を長く設定する。

10

【 0 0 7 1 】

次いで、ステップ S 2 0 2 において、温度推定部が、内燃機関 1 が始動してからの経過時間 E T が第一経過時間 E T 1 よりも短いかなかを判定する。経過時間 E T が第一経過時間 E T 1 よりも短いと判定された場合、本制御ルーチンはステップ S 2 0 3 に進む。この場合、排気管 2 7 の推定温度が第一排気管温度未満であると推定されるため、ステップ S 2 0 3 では、ヒータ制御部がセンサセル 5 1 の目標温度 T T を第一目標温度 T T 1 に設定する。第一目標温度 T T 1 は、センサセル 5 1 の作動温度 O T よりも高い温度であり、例えば 7 5 0 以上の温度である。ステップ S 2 0 3 の後、本制御ルーチンは終了する。

20

【 0 0 7 2 】

一方、ステップ S 2 0 2 において経過時間 E T が第一経過時間 E T 1 以上であると判定された場合、本制御ルーチンはステップ S 2 0 4 に進む。ステップ S 2 0 4 では、温度推定部が、経過時間 E T が第二経過時間 E T 2 よりも短いかなかを判定する。経過時間 E T が第二経過時間 E T 2 よりも短いと判定された場合、本制御ルーチンはステップ S 2 0 5 に進む。この場合、排気管 2 7 の推定温度が第一排気管温度以上第二排気管温度未満であると推定されるため、ステップ S 2 0 5 では、ヒータ制御部がセンサセル 5 1 の目標温度 T T を第二目標温度 T T 2 に設定する。第二目標温度 T T 2 は、センサセル 5 1 の作動温度 O T よりも高く且つ第一目標温度 T T 1 よりも低い温度であり、例えば 6 5 0 ~ 7 0 0 の温度である。ステップ S 2 0 5 の後、本制御ルーチンは終了する。

30

【 0 0 7 3 】

一方、ステップ S 2 0 4 において経過時間 E T が第二経過時間 E T 2 以上であると判定された場合、本制御ルーチンはステップ S 2 0 6 に進む。この場合、排気管 2 7 の推定温度が第二排気管温度以上であると推定されるため、ステップ S 2 0 6 では、ヒータ制御部が目標温度 T T を作動温度 O T に設定する。作動温度 O T は、センサセル 5 1 の活性温度以上の温度であり、例えば 6 0 0 ~ 6 5 0 の温度である。ステップ S 2 0 6 の後、本制御ルーチンは終了する。なお、経過時間 E T は、内燃機関 1 の停止時にリセットされてゼロにされる。

【 0 0 7 4 】

< 第四実施形態 >

第四実施形態に係る排気センサの制御装置の構成及び制御は、以下に説明する点を除いて、基本的に第一実施形態に係る排気センサの制御装置の構成及び制御と同様である。このため、以下、本発明の第四実施形態について、第一実施形態と異なる部分を中心に説明する。

40

【 0 0 7 5 】

第四実施形態では、温度推定部は、積算空気量が第一積算空気量に達したときに排気管 2 7 の推定温度が第一排気管温度に達したと推定し、積算空気量が第二積算空気量に達したときに排気管 2 7 の推定温度が第二排気管温度に達したと推定する。第二積算空気量は第一積算空気量よりも多い。温度推定部は、第二実施形態と同様に、排気管 2 7 の温度に加えて、内燃機関 1 の外気温を推定又は検出する。温度推定部は、始動時外気温が相対的

50

に低い場合に、始動時外気温が相対的に高い場合に比べて、第一積算空気量及び第二積算空気量を多く設定する。例えば、温度推定部は、始動時外気温が低いほど、第一積算空気量及び第二積算空気量を多く設定する。このことによって、排気管 27 の温度を精度良く推定することができ、ひいては、センサセル 51 の目標温度を適切に設定することができる。

【0076】

< 目標温度設定処理 >

図 9 は、本発明の第四実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンは、内燃機関 1 の始動後、ECU 80 によって所定の時間間隔で繰り返し実行される。

10

【0077】

最初に、ステップ S301 において、温度推定部が始動時外気温に基づいて第一積算空気量 $M_c 1$ 及び第二積算空気量 $M_c 2$ を設定する。具体的には、温度推定部は、始動時外気温が相対的に低い場合に、始動時外気温が相対的に高い場合に比べて、第一積算空気量 $M_c 1$ 及び第二積算空気量 $M_c 2$ を多く設定する。

【0078】

次いで、ステップ S302 において、温度推定部が、積算空気量 M_c が第一積算空気量 $M_c 1$ よりも少ないか否かを判定する。積算空気量 M_c が第一積算空気量 $M_c 1$ よりも少ないと判定された場合、本制御ルーチンはステップ S303 に進む。この場合、排気管 27 の推定温度が第一排気管温度未満であると推定されるため、ステップ S303 では、ヒータ制御部がセンサセル 51 の目標温度 T_T を第一目標温度 $T_T 1$ に設定する。第一目標温度 $T_T 1$ は、センサセル 51 の作動温度 O_T よりも高い温度であり、例えば 750 以上の温度である。ステップ S303 の後、本制御ルーチンは終了する。

20

【0079】

一方、ステップ S302 において積算空気量 M_c が第一積算空気量 $M_c 1$ 以上であると判定された場合、本制御ルーチンはステップ S304 に進む。ステップ S304 では、温度推定部が、積算空気量 M_c が第二積算空気量 $M_c 2$ よりも少ないか否かを判定する。積算空気量 M_c が第二積算空気量 $M_c 2$ よりも少ないと判定された場合、本制御ルーチンはステップ S305 に進む。この場合、排気管 27 の推定温度が第一排気管温度以上第二排気管温度未満であると推定されるため、ステップ S305 では、ヒータ制御部がセンサセル 51 の目標温度 T_T を第二目標温度 $T_T 2$ に設定する。第二目標温度 $T_T 2$ は、センサセル 51 の作動温度 O_T よりも高く且つ第一目標温度 $T_T 1$ よりも低い温度であり、例えば 650 ~ 700 の温度である。ステップ S305 の後、本制御ルーチンは終了する。

30

【0080】

一方、ステップ S304 において積算空気量 M_c が第二積算空気量 $M_c 2$ 以上であると判定された場合、本制御ルーチンはステップ S306 に進む。この場合、排気管 27 の推定温度が第二排気管温度以上であると推定されるため、ステップ S306 では、ヒータ制御部が目標温度 T_T を作動温度 O_T に設定する。作動温度 O_T は、センサセル 51 の活性温度以上の温度であり、例えば 600 ~ 650 の温度である。ステップ S306 の後、本制御ルーチンは終了する。なお、積算空気量 M_c は内燃機関 1 の停止時にリセットされてゼロにされる。

40

【0081】

< 第五実施形態 >

第五実施形態に係る排気センサの制御装置の構成及び制御は、以下に説明する点を除いて、基本的に第一実施形態に係る排気センサの制御装置の構成及び制御と同様である。このため、以下、本発明の第五実施形態について、第一実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【0082】

図 10 は、本発明の第五実施形態に係る排気センサの制御装置が用いられる内燃機関 1

50

’を概略的に示す図である。内燃機関1’には、二つの空燃比センサ10a、10bと、二つの排気浄化触媒28a、28bが設けられている。上流側排気管27aが機関本体100と上流側ケーシング29aとを連結する。下流側排気管27bが上流側ケーシング29aと下流側ケーシング29bとを連結する。上流側ケーシング29aは上流側排気浄化触媒28aを内蔵する。下流側ケーシング29bは下流側排気浄化触媒28bを内蔵する。また、上流側排気温度センサ105aが上流側排気管27aにおいて上流側空燃比センサ10aの近傍に配置され、下流側排気温度センサ105bが下流側排気管27bにおいて下流側空燃比センサ10bの近傍に配置される。

【0083】

上流側空燃比センサ10aは上流側排気浄化触媒28aよりも排気流れ方向上流側の上流側排気管27aに配置され、下流側空燃比センサ10bは上流側排気浄化触媒28aよりも排気流れ方向下流側の下流側排気管27bに配置されている。したがって、下流側空燃比センサ10bは上流側空燃比センサ10aよりも排気流れ方向下流側に位置する。例えば、上流側空燃比センサ10aは、内燃機関1’が搭載された車両のエンジンルームに配置され、下流側空燃比センサ10bは、内燃機関1’が搭載された車両の床下に配置される。

10

【0084】

下流側排気管27bが上流側排気管27aよりも燃焼室2から離れているため、内燃機関1’の始動後、排気ガスによる下流側排気管27bの温度上昇は上流側排気管27aの温度上昇よりも遅くなる。このため、下流側排気管27bにおいて生成される凝縮水の量は、上流側排気管27aにおいて生成される凝縮水の量よりも多くなる。したがって、排気ガスと共にセンサ素子12に衝突する水滴の量は上流側空燃比センサ10aよりも下流側空燃比センサ10bにおいて多くなる。また、排気通路内で生成された凝縮水は車両のエンジンルームよりも車両の床下に溜まりやすい。このため、下流側空燃比センサ10bが車両の床下に配置されている場合には、下流側空燃比センサ10bのセンサ素子に衝突する水滴の量は更に多くなる。

20

【0085】

そこで、第五実施形態では、ヒータ制御部は、下流側空燃比センサ10bにおける第一目標温度及び第二目標温度を上流側空燃比センサ10aにおける第一目標温度及び第二目標温度よりも高く設定する。このことによって、内燃機関に複数の空燃比センサが設けられている場合にも、より効果的に、ヒータの消費電力の増加を抑制しつつ、被水による空燃比センサの素子割れを防止することができる。

30

【0086】

なお、排気通路に配置される排気浄化触媒の数は二以外であってもよい。また、排気通路に配置される空燃比センサの数は二つよりも多くてもよい。この場合、センサセルの目標温度は、排気流れ方向下流側に位置する空燃比センサほど高く設定される。

【0087】

<タイムチャートを用いた制御の説明>

以下、図11のタイムチャートを参照して、第五実施形態における制御について具体的に説明する。図11は、内燃機関1を始動させるときの、機関負荷、上流側空燃比センサ10a周りの上流側排気管27aの温度、上流側空燃比センサ10aのセンサセル温度、下流側空燃比センサ10b周りの下流側排気管27bの温度及び下流側空燃比センサ10bのセンサセル温度の概略的なタイムチャートである。センサセル温度のグラフでは、センサセルの目標温度が細線で示される。図示した例では、空燃比センサ10a、10b周りの排気管27a、27bの温度は、それぞれ、排気温度センサ105a、105bの出力から算出されている。また、センサ素子12の温度はセンサセルのインピーダンスに基づいて算出されている。

40

【0088】

図示した例では、時刻t0において内燃機関1が始動される。内燃機関1が始動されると、上流側空燃比センサ10aのセンサセルの目標温度が第一目標温度TTu1に設定さ

50

れ、下流側空燃比センサ10bのセンサセルの目標温度が第一目標温度 $TTd1$ に設定される。下流側空燃比センサ10bにおける第一目標温度 $TTd1$ は上流側空燃比センサ10aにおける第一目標温度 $TTu1$ よりも高い。この結果、時刻 $t0$ の後、上流側空燃比センサ10aのセンサセル温度は第一目標温度 $TTu1$ に向かって上昇し、下流側空燃比センサ10bのセンサセル温度は第一目標温度 $TTd1$ に向かって上昇する。

【0089】

時刻 $t1$ において、上流側空燃比センサ10a周りの上流側排気管27aの温度が第一排気管温度 $PT1$ に達する。第一排気管温度 $PT1$ は例えば水の露点(54)である。時刻 $t2$ において、上流側空燃比センサ10aのセンサセルの目標温度が第一目標温度 $TTu1$ から第二目標温度 $TTu2$ に切り替えられる。この結果、時刻 $t2$ の後、上流側空燃比センサ10aのセンサセル温度が第二目標温度 $TTu2$ に向かって低下する。

10

【0090】

時刻 $t2$ において、下流側空燃比センサ10b周りの下流側排気管27bの温度が第一排気管温度 $PT1$ に達する。時刻 $t2$ において、下流側空燃比センサ10bのセンサセルの目標温度が第一目標温度 $TTd1$ から第二目標温度 $TTd2$ に切り替えられる。下流側空燃比センサ10bにおける第二目標温度 $TTd2$ は上流側空燃比センサ10aにおける第二目標温度 $TTu2$ よりも高い。この結果、時刻 $t2$ の後、下流側空燃比センサ10bのセンサセル温度が第二目標温度 $TTd2$ に向かって低下する。

【0091】

時刻 $t3$ において、上流側空燃比センサ10a周りの上流側排気管27aの温度が第二排気管温度 $PT2$ に達する。第二排気管温度 $PT2$ は例えば水の沸点(100)である。時刻 $t3$ において、上流側空燃比センサ10aのセンサセルの目標温度が第二目標温度 $TTu2$ からセンサセルの作動温度 OT に切り替えられる。この結果、時刻 $t3$ の後、上流側空燃比センサ10aのセンサセル温度が作動温度 OT に向かって低下する。

20

【0092】

時刻 $t4$ において、下流側空燃比センサ10b周りの下流側排気管27bの温度が第二排気管温度 $PT2$ に達する。時刻 $t4$ において、下流側空燃比センサ10bのセンサセルの目標温度が第二目標温度 $TTd2$ からセンサセルの作動温度 OT に切り替えられる。この結果、時刻 $t4$ の後、下流側空燃比センサ10bのセンサセル温度が作動温度 OT に向かって低下する。

30

【0093】

< 目標温度設定処理 >

第五実施形態では、図7に示した制御ルーチンが、上流側空燃比センサ10a及び下流側空燃比センサ10bについて、それぞれ実行される。このとき、下流側空燃比センサ10bにおける第一目標温度及び第二目標温度は上流側空燃比センサ10aにおける第一目標温度及び第二目標温度よりも高くされる。なお、第五実施形態において、図7に示した制御ルーチンの代わりに、図8又は図9に示した制御ルーチンが実行されてもよい。この場合も、下流側空燃比センサ10bにおける第一目標温度及び第二目標温度は上流側空燃比センサ10aにおける第一目標温度及び第二目標温度よりも高くされる。

【0094】

< 第六実施形態 >

第六実施形態に係る排気センサの制御装置の構成及び制御は、以下に説明する点を除いて、基本的に第一実施形態に係る排気センサの制御装置の構成及び制御と同様である。このため、以下、本発明の第六実施形態について、第一実施形態と異なる部分を中心に説明する。

40

【0095】

第六実施形態では、排気センサの制御装置は、空燃比センサ10の排気流れ方向上流側の排気通路内の凝縮水の量を推定する水量推定部を備える。ヒータ制御部は、内燃機関1の始動後、水量推定部によって推定された凝縮水の量に基づいて、センサセル51の作動温度以上の温度にセンサセル51の目標温度を設定する。具体的には、ヒータ制御部は、

50

凝縮水の推定量が相対的に多い場合に、凝縮水の推定量が相対的に少ない場合に比べて、センサセル51の目標温度を高く設定する。言い換えれば、ヒータ制御部は、凝縮水の推定量が多くなるにつれてセンサセル51の目標温度を段階的に（ステップ状に）又はリニアに高くする。

【0096】

上述したように、ライデンフロスト現象が発生する温度は、センサ素子12に衝突する水滴の量が多いほど高くなる（図4参照）。また、センサ素子12に衝突する水滴の量は、排気通路内の凝縮水の量が多いほど多くなる。このため、凝縮水の推定量に基づいてセンサセル51の目標温度を設定することによって、より効果的に、ヒータの消費電力の増加を抑制しつつ、被水による排気センサの素子割れを防止することができる。

10

【0097】

水量推定部は、例えば、特許文献3に記載されたような公知の方法によって、空燃比センサ10の排気流れ方向上流側の排気通路内の凝縮水の量を推定する。以下、凝縮水の推定方法について簡単に説明する。

【0098】

水量推定部は、燃焼室2における混合気の燃焼によって単位時間当たり生成される水蒸気量と、凝縮割合とに基づいて、凝縮水の増加量を算出し、凝縮水の増加量を積算することで排気通路内の凝縮水の量を推定する。凝縮割合は、排気ガス中の水蒸気が排気通路内で凝縮する割合である。

20

【0099】

単位時間当たり生成される水蒸気量は単位時間当たりの吸入空気量と単位時間当たりの燃料噴射量とに基づいて算出される。凝縮割合は、排気ガス温度（例えば排気ポート近傍における排気ガス温度）と、空燃比センサ10近傍における排気管27の温度とに基づいて算出される。排気ガス温度は、例えば、吸入空気量、機関回転数等に基づいて算出される。排気管27の温度は例えば排気温度センサ105の出力から算出される。また、排気管27の温度は、第一実施形態の説明に記載したように、内燃機関1が始動してからの経過時間又は積算空気量に基づいて算出されてもよい。

【0100】

< 目標温度設定処理 >

図12は、本発明の第六実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンは、内燃機関1の始動後、ECU80によって所定の時間間隔で繰り返し実行される。

30

【0101】

最初に、ステップS401において、水量推定部が空燃比センサ10の排気流れ方向上流側の排気通路内の凝縮水の量を推定する。次いで、ステップS402において、ヒータ制御部が、ステップS401において推定された凝縮水の量に基づいて、センサセル51の目標温度を推定する。ステップS402の後、本制御ルーチンは終了する。

【0102】

以上、本発明に係る好適な実施形態を説明したが、本発明はこれら実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載内で様々な修正及び変更を施すことができる。例えば、排気センサの制御装置によって制御される排気センサは、排気ガスの空燃比がリッチ又はリーンであることを検出する酸素センサであってもよい。また、排気センサは、排気ガス中の窒素酸化物（ NO_x ）濃度を検出する窒素酸化物センサ（ NO_x センサ）、排気ガス中の硫黄酸化物（ SO_x ）濃度を検出する硫黄酸化物センサ（ SO_x センサ）等であってもよい。

40

【0103】

また、排気センサの素子本体には、センサセルに加えて、他の電気化学セルが設けられていてもよい。他の電気化学セルは、例えば、被測ガス中の酸素を被測ガス室から排出するポンプセル、被測ガス中の特定の成分の濃度を検出するモニタセル等である。この場合、ヒータ制御部は、ポンプセル又はモニタセルの目標温度を設定すると共にポンプセル又

50

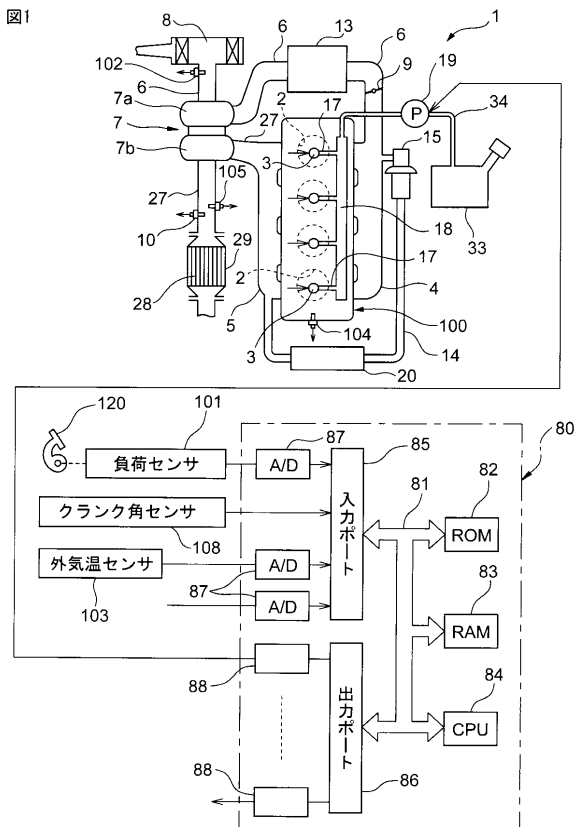
はモニタセルの温度が目標温度になるようにヒータを制御してもよい。ポンプセル又はモニタセルの温度はそのインピーダンスから算出される。

【符号の説明】

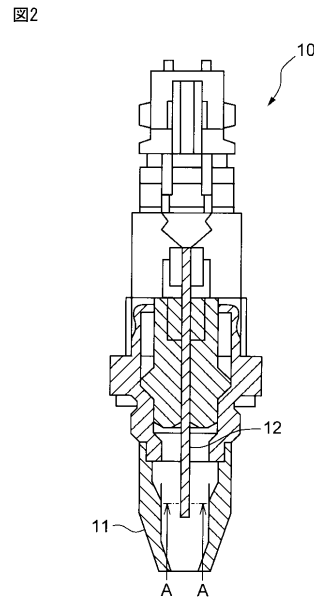
【0104】

- 1 内燃機関
- 10 空燃比センサ
- 12 センサ素子
- 50 素子本体
- 51 センサセル
- 55 ヒータ
- 60 保護層
- 80 電子制御ユニット (E C U)

【図1】

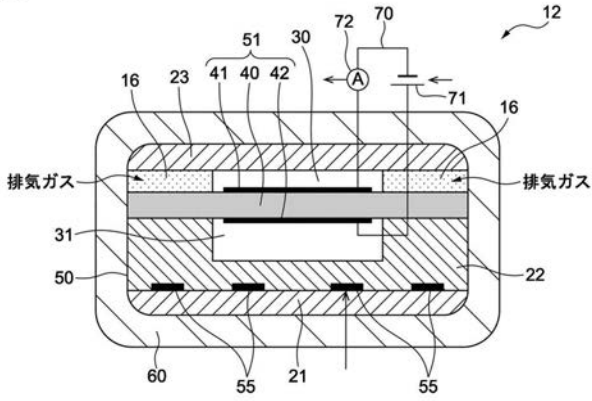


【図2】



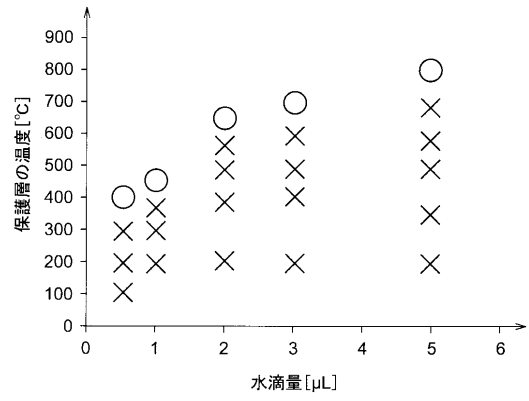
【 図 3 】

図3



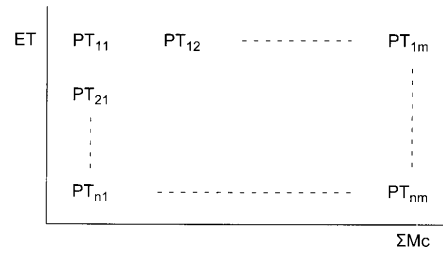
【 図 4 】

図4



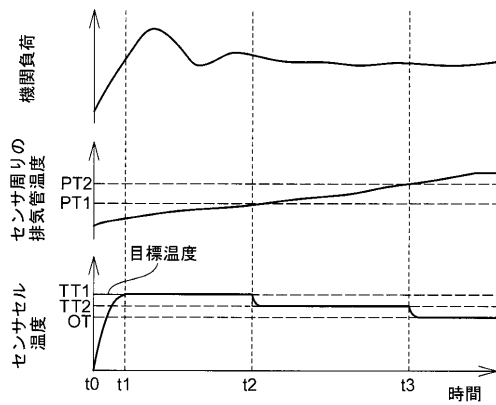
【 図 5 】

図5



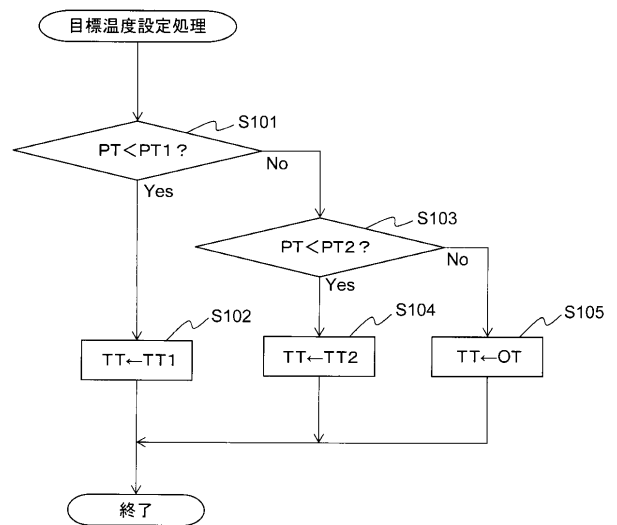
【 図 6 】

図6



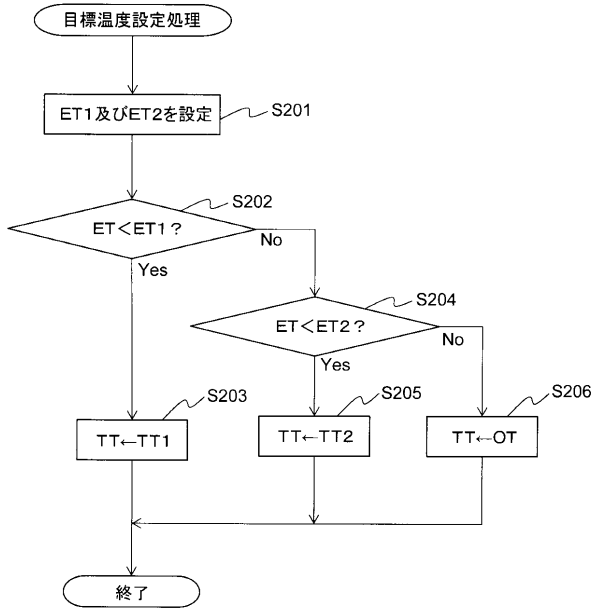
【 図 7 】

図7



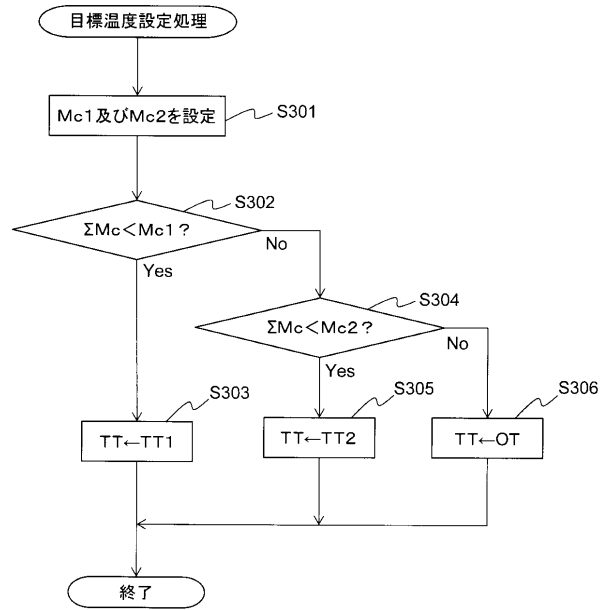
【 図 8 】

図8



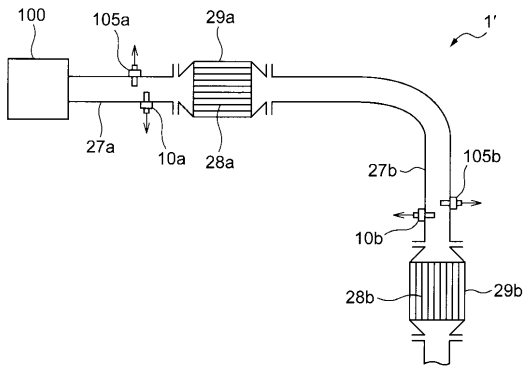
【 図 9 】

図9



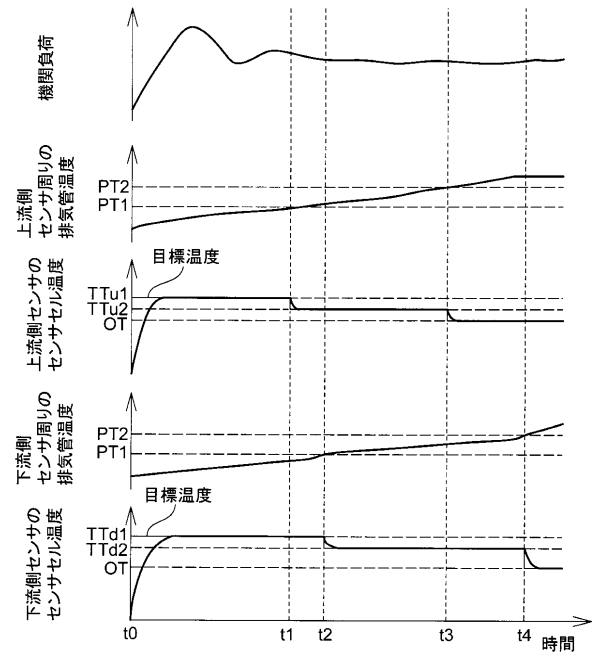
【 図 1 0 】

図10



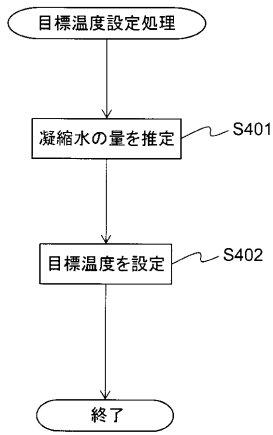
【 図 1 1 】

図11



【 図 1 2 】

図12



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
F 0 2 D 45/00 3 1 4 Z

(72)発明者 林下 剛
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
Fターム(参考) 3G384 CA01 DA44 FA01Z FA40Z FA41Z FA45Z FA86Z